

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

**ХІІ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ,  
АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ УЧЕНИХ**

**«ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І  
ОБЛАДНАННЯ»**

**18-20 квітня 2018 року**

**Кропивницький – 2018**

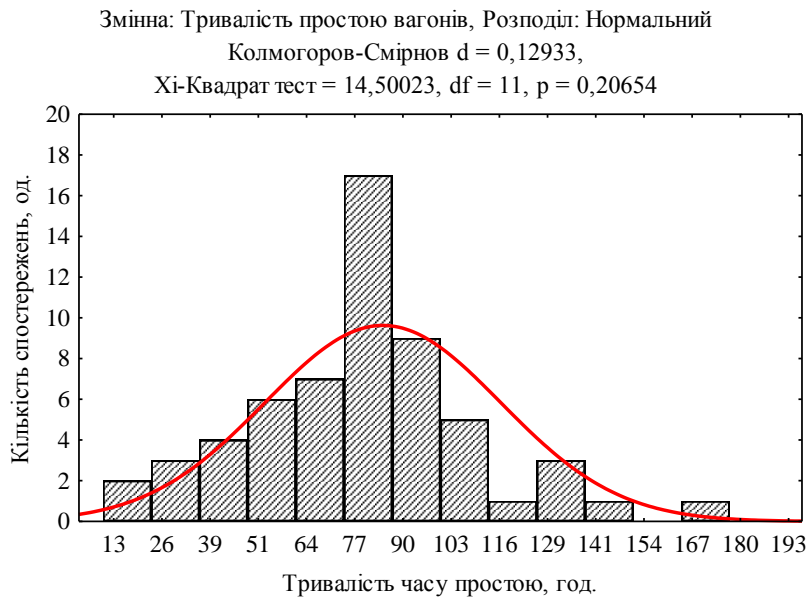


Рис. 1. Гістограма розподілу тривалості часу простою вагонів в очікуванні обслуговування

Таким чином визначено, що варіативність часу обслуговування транспортних засобів суттєво впливає на результати та надійність функціонування системи постачання в міжнародному сполученні. При цьому доцільніше застосовувати мультимодальну систему доставки, що дозволяє мінімізувати негативний вплив простоїв транспортних засобів на надійність системи постачання.

УДК 621.8

# ***ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТОРСИОНОВ С ПОМОЩЬЮ ОБКАТЫВАНИЯ ИХ РОЛИКАМИ***

**Шолтоян Д.М.**, соискатель высшего образования гр. М1/2 магистр

**Бутаков Б.И.**, д.т.н., проф., **Марченко Д.Д.**, к.т.н., доц.

*Николаевский государственный аграрный университет*

Рабочее усилие при обкатывании валов ограничено не только возможностями станка, но также и жесткостью детали. По мере увеличения длины вала возрастает опасность недопустимого прогиба его под действием радиальной силы.

На рис. 1 приведена номограмма допускаемых сил при обкатывании валов в центрах одним роликом. Если отношение длины валов к диаметру равно или более 10, предусмотрена установка люнетов. Но люнеты сокращают технологические возможности обработки,

увеличивают вспомогательное время. Более рационально для обкатывания длинных валов применение многороликовых устройств охватывающего типа.

Характерным примером обработки валов малой жесткости является обкатывание шеек трансмиссионных валов роллангов прокатных станов. Эти валы имеют длину 6 – 8 м при диаметре – 130 мм.

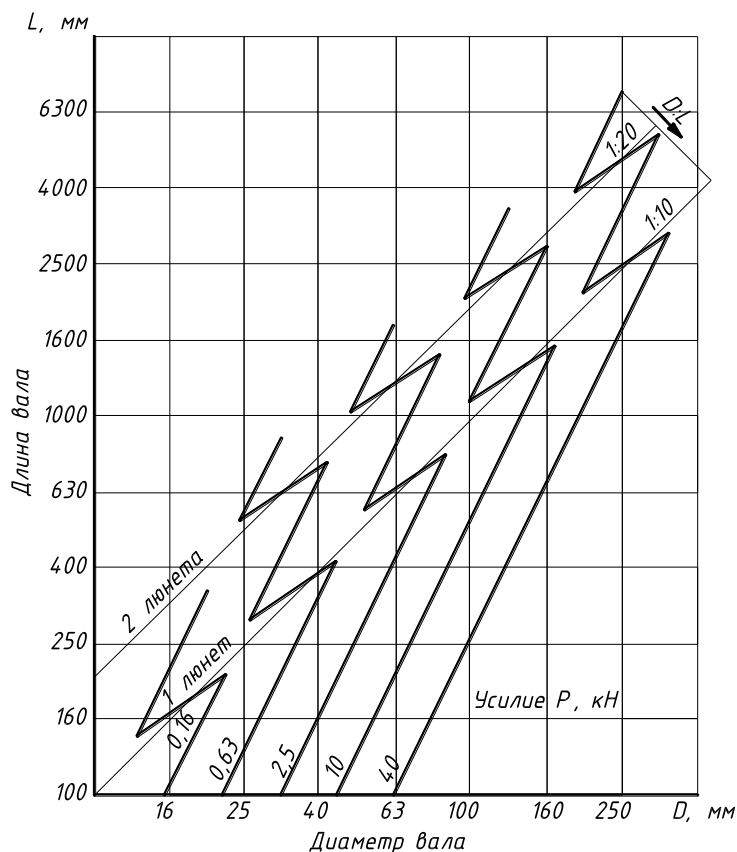


Рисунок 1 - Допускаемые усилия обкатывания длинных валов одним роликом

На рис. 2 показано приспособление для обкатывания трансмиссионных валов. Разъемная обойма 2 с роликами 1 располагается в вилке 3, которая устанавливается в резцедержателе станка [1].

Вилка жестко крепит обойму в направлении оси вала и предоставляет ей свободу установки в радиальной плоскости. Благодаря этому при биении вала обойма плавает в вилке, не передавая поперечную нагрузку на суппорт станка. Необходимое усилие обкатывания создается и регулируется гайкой 4, сжимающей пружину 5.

Обкатывание повышает производительность чистовой обработки валов на токарных станках в 2 – 4 раза в зависимости от размеров вала.

При использовании пневматических или гидравлических устройств обкатывание может выполняться при постоянном рабочем усилии.

Обкатывание галтелей с подачей ролика вдоль оси вала выполняется при упрочнении торсионов исчезающих упоров прокатных станов.



Режим обкатывания торсионных валов: профильный радиус роликов 10 мм; рабочее усилие 15 кН, подача 0,36 мм/об, скорость 30 м/мин.

Во время термической обработки, предшествующей обкатыванию, некоторые торсионы получают значительную поводку, допускаемую техническими условиями чертежа. В результате поводки биение поверхности валов при установке в центрах достигает 6 – 8 мм. Для обкатывания валов с таким биением на токарном станке удаляется винт поперечной подачи суппорта. После этого приспособление вместе с верхней плотвиной суппорта можно свободно установить на поперечных направляющих; во время обкатывания оно плавает в поперечном направлении, центрируясь по детали.

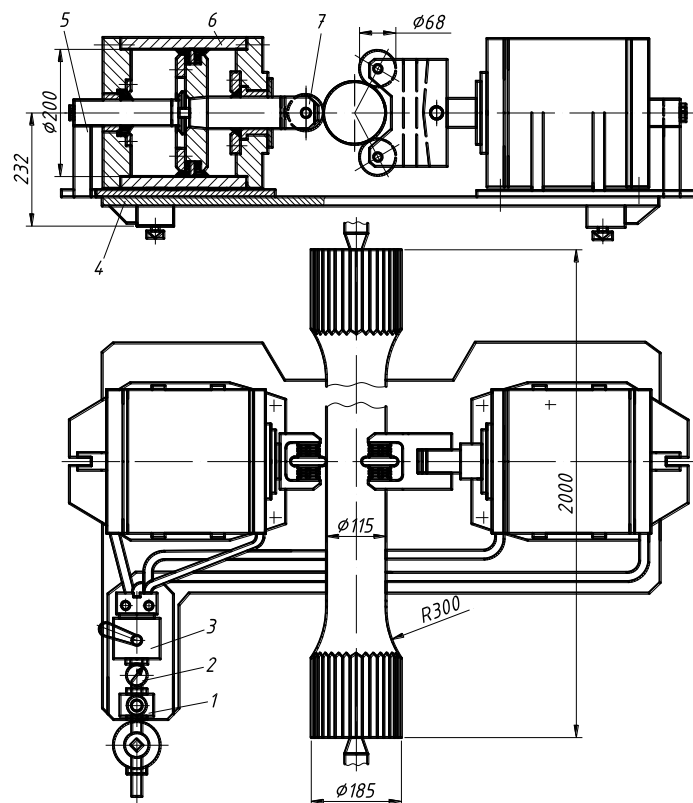


Рисунок 3 - Приспособление для обкатывания торсионов исчезающих упоров прокатных станов

Для обкатывания торсионов после установки вала в центрах ролики продольным перемещением суппорта подводят к началу одной из головок и устанавливают на расстоянии 5 – 8 мм от края шлиц. Включается механизм продольной подачи суппорта. Редукционным клапаном давление воздуха, контролируемое по манометру, снижают до 200 кПа и поворотом крана воздух подают в цилиндры. Ролики входят в контакт с деталью; их можно сводить только при включенном механизме подачи суппорта, в противном случае суппорт сдвинется от скольжения роликов по галтели вала.

Поверхность вала смазывают машинным маслом и включают шпиндель станка. По мере подачи приспособления в течение первых 20 – 30 оборотов детали давление в цилиндрах плавно повышают с помощью редукционного клапана до 500 кПа.

По окончании прохода при выходе роликов на галтель у второй головки торсиона давление вновь снижают до 200 кПа, а затем переключением воздуха в передние полости цилиндров разводят поршни и обкатанный вал можно снять.

Следующий вал обкатывают с подачей в противоположном направлении. Это не только удобно, так как не приходится перегонять суппорт в исходное положение, но и полезно для более равномерного износа роликов.

Торсионные валы поступают на операцию обкатывания после пескоструйной очистки поверхности от окалины. Шероховатость их поверхности по  $R_a$  5 – 10 мкм. После обкатывания шероховатость поверхности составляет  $R_a$  0,63 – 1,25 мкм. Однако на поверхности, как правило, бывает заметна волнистость, возникающая из-за больших углов вдавливания роликов.

Обкатывание торсионных валов – широко распространенная в машиностроении упрочняющая операция, в результате которой предел выносливости таких валов, работающих на кручение, повышается на 40 – 80% [2].

Представляется логичным, что с увеличением диаметра вала должна возрастать эффективная толщина наклепанного слоя.

Важен факт одинакового относительного упрочнения, несмотря на явное проявление масштабного эффекта, заключающегося в снижении предела выносливости по мере увеличения диаметра образцов. Можно полагать, что и при дальнейшем увеличении диаметра обкатываемых валов может быть достигнута та же степень упрочнения при соответствующих режимах обкатывания.

Высокая эффективность обкатывания сохраняется в довольно широком диапазоне рабочих усилий. Кроме того, с ростом диаметров упрочняемых валов нет необходимости пропорционально увеличивать размеры роликов.

Увеличение относительной кривизны ролика в осевом и радиальном сечениях позволяет повысить степень наклепа поверхностного слоя и тем самым компенсировать до некоторой степени относительное уменьшение рабочего усилия.

Учитывая, что при упрочнении крупных деталей интерес представляет именно область относительно малых усилий, следует считать увеличение кривизны ролика важным резервом повышения эффективности обкатывания.

В работе [3] было показано, что в тех случаях, когда разрушение гладких образцов начинается с поверхности, толщина наклепанного слоя может не оказывать решающего влияния на эффективность обкатывания.

Детали с конструктивными концентраторами напряжений разрушаются, как правило, с поверхности. Для таких деталей степень наклепа имеет особенно большое значение.

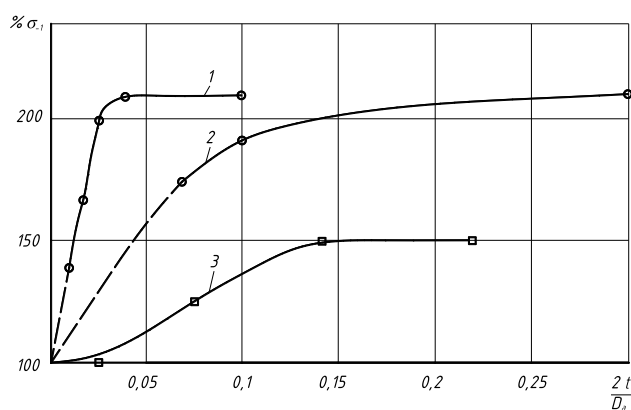
На рис. 4 приведены графики зависимости эффекта обкатывания подступичных частей валов от относительной толщины наклепанного слоя, построенные по данным трех различных работ. Графики показывают, что при высокой степени наклепа высокая

эффективность упрочнения достигается при относительно малой толщине наклепанного слоя (кривые 1 и 2).

Как видно из данных рис. 4 эффект повышения предела выносливости стабилизируется при  $2t/D_0 \geq 0,1$ . Глубину наклепа  $t$  можно рассчитать по формуле С.Г. Хейфеца [4]  $t = \sqrt{P/2\sigma_T}$ , где  $P$  – усилие обкатывания;  $\sigma_T$  – предел текучести обкатываемого металла.

Сравнительно малая эффективность в опытах Н.П. Зобнина [6] (кривая 3) объясняется уменьшенной степенью деформации из-за большого (75 мм) радиуса кривизны ролика (ролик сферической формы).

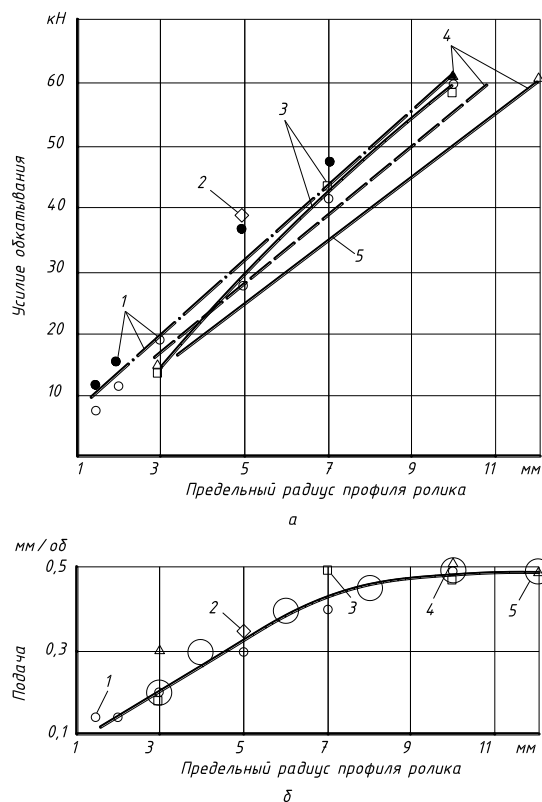
Однако повышение степени наклепа за счет уменьшения радиуса профиля имеет предел, ниже которого поверхность детали разрушается.



1 – А.М. Усова [5], 2 – О.О. Куликова [3], 3 – Н.П. Зобнина [6]

Рисунок 4 - Повышение предела выносливости в зависимости от относительной толщины наклепанного слоя по данным

О.О. Куликов [3] ввел понятие предельно допустимого радиуса ( $r_{пред}$ ) и предложил характеризовать профильный радиус ролика отношением к предельному радиусу  $r:r_{пред}$ . Он показал, что с приближением этого отношения к единице предел выносливости образцов с напрессованными втулками растёт.



1 – 34ХН1М, 2 – 18ХНВА, 3 – 35ХНВ, 4 – 50, 5 – рекомендуемые значения

Рисунок 5 - Зависимость предельного радиуса профиля ролика от усилия обкатывания (а) и подачи от профильного радиуса ролика (б) для сталей

На рис. 5, а приведены графики зависимости предельного радиуса профиля ролика от усилия обкатывания валов диаметром от 200 до 500 мм, изготовленных из разных сталей. Для построения этих графиков валы обкатывались роликами с различными профильными радиусами, причем применялись подачи, составляющие 0,1 ширины контактной канавки. Точки, помеченные залитыми значками, соответствуют режиму, вызвавшему разрушение металла, светлыми квадратами – предельному режиму, незалитыми – режиму, близкому к предельному.

Учитывая близость полученных значений предельных радиусов для различных сталей, можно заменить на рис. 5, а частные зависимости 1 – 4 обобщенной зависимостью 5. Рекомендуемые согласно этой зависимости профильные радиусы при усилиях обкатывания от 10 до 60 кН приведены в табл. 1. Эти профильные радиусы превышают предельные значения на 20 – 60%, что предохраняет обкатываемую поверхность от разрушения при колебаниях свойств материала или подачи.

Подачи, при которых получены указанные значения профильных радиусов, приведены на рис. 5, б. Этот график показывает, что подача практически не зависит от свойств обрабатываемого материала. Объясняется это тем, что, несмотря на различие в ширине контактных канавок, расчетные подачи, составляющие 0,1 этой величины, различаются сотыми долями миллиметра. Так как при обкатывании всегда приходится округлять расчетную величину подачи до ближайшего значения, имеющегося на станке,



представляется возможным задать подачу величинами, однозначно связанными с усилием и профильным радиусом ролика.

По данным ЦНИИТМАШа [2] с увеличением подачи обкатывания существенно снижается поверхностная твердость металла, особенно при больших степенях наклепа. Учитывая, что рост поверхностной твердости способствует увеличению упрочняющего эффекта обкатывания при относительно небольших усилиях, рекомендуется применять подачи не больше 0,1 – 0,12 ширины следа ролика на обкатываемой поверхности.

Таблица 1 - Профильный радиус ролика и подачи в зависимости от рабочего усилия обкатывания

Усилие обкатывания, кН	Профильный радиус ролика, мм	Подача, мм/об
10	3	0,2
20	4	0,3
30	6	0,4
40	8	0,45
50	10	0,5
60	12	0,5

Данных о влиянии скорости обкатывания на упрочняющий эффект очень мало. И.В. Кудрявцев [7] проверял влияние скорости на гладких образцах диаметром 18 мм. Он показал, что увеличение скорости до 35 м/мин не влияет на предел выносливости, по крайней мере для некрупных образцов. В случае обкатывания крупных образцов, когда требуется значительная глубина наклепа и возможен разогрев поверхности, следует выбирать пониженную скорость.

Скорость обкатывания при упрочнении крупных деталей ограничивается величиной 50 – 80 м/мин.

По данным работы [8] количество проходов не оказывает существенного влияния на усталостную прочность обкатанных образцов. Несмотря на заметный рост поверхностной твердости с увеличением количества проходов до 10, предел выносливости образцов с охватывающими втулками остается таким же, как после первого прохода. Эти данные получены на образцах, у которых толщина наклепанного слоя составляла 0,14 радиуса, а степень наклепа достигала 30%. Возможно, что при других условиях рост поверхностной твердости мог бы оказаться полезным, но в случае применения роликов с малым профильным радиусом и при малых подачах увеличение проходов свыше одного надо считать нецелесообразным.

Рекомендуемые режимы упрочняющего обкатывания предполагают последующую механическую обработку деталей для получения необходимой точности и требуемого класса шероховатости поверхности. Упрочняющий эффект при этом снижается незначительно, если удаляется относительно малая часть наклепанного слоя [8].

## Список литературы

1. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский. – М. : Машиностроение, 1975. – 160 с.
2. Кудрявцев И.В. Внутренние напряжения как резерв прочности в машиностроении / И.В. Кудрявцев. – М.: Машгиз, 1951. – 278 с.
3. Куликов О.О. Исследование связи между увеличением предела выносливости и характеристиками наклепанного слоя гладких валов при обкатке их роликами / О.О. Куликов // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1955. – кн. 74. – С. 15–21.
4. Хейфец С.Г. Влияние абсолютных размеров на усталостную прочность при поверхностном упрочнении стали / С.Г. Хейфец // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1951. – кн. 43. – С. 9–13.
5. Попов Г.П. Исследование усталостной прочности стали / Г.П. Попов, А.М. Усов. – М. : Трансжелдориздат, 1958. – С. 22–26.
6. Зобнин Н.П. Механическая обработка деталей колесных пар / Н.П. Зобнин. – М. : Трансжелдориздат, 1956. – С. 24–29.
7. Кудрявцев И.В. Повышение прочности стальных деталей обкаткой роликами / И.В. Кудрявцев. – М. : ИТЭИН, – 1948. – С. 41–47.
8. Кудрявцев И.В. Поверхностный наклеп как средство повышения усталостной прочности валов с неподвижными посадками / Кудрявцев И.В., Савина Н.М. // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1957. – кн. 85. – С. 14–16.

УДК 621.791

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЗАСЫПНОГО АППАРАТА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ**

**Э.А.Синдецкий**, *ст. группы ТиОН-15*, **А.Г. Белик**, *к.т.н., доцент*,  
*Приазовский государственный технический университет*,  
г. Мариуполь

Для наплавки быстроизнашивающихся частей деталей машин и инструментов, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания в сочетании с умеренными ударами и нагревом до 1000°С используется сплав сормайт. Для наплавки сормайтом выпускаются электроды марок типа сормайт №1 и №2 (маркировка электродов соответственно имеют марки ЦС-1 и ЦС-2). По химическому составу и микроструктуре наплавленный слой сормайт относится к белым высоколегированным чугунам. Материал сормайта №2 отличается от сормайта №1 более высокой вязкостью, прочностью и способностью поддаваться термической обработке. Твердость наплавленного слоя сормайтом №1 – HRC 48-54, сормайтом №2 после термической обработки – HRC 56-60. Наплавка этими электродными материалами целесообразна для проведения ремонтно-восстановительных работ небольшого объема.